



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 14 917 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
H 01 L 21/285
C 23 C 14/34

②① Aktenzeichen: 100 14 917.0
②② Anmeldetag: 17. 3. 2000
④③ Offenlegungstag: 4. 10. 2001

DE 100 14 917 A 1

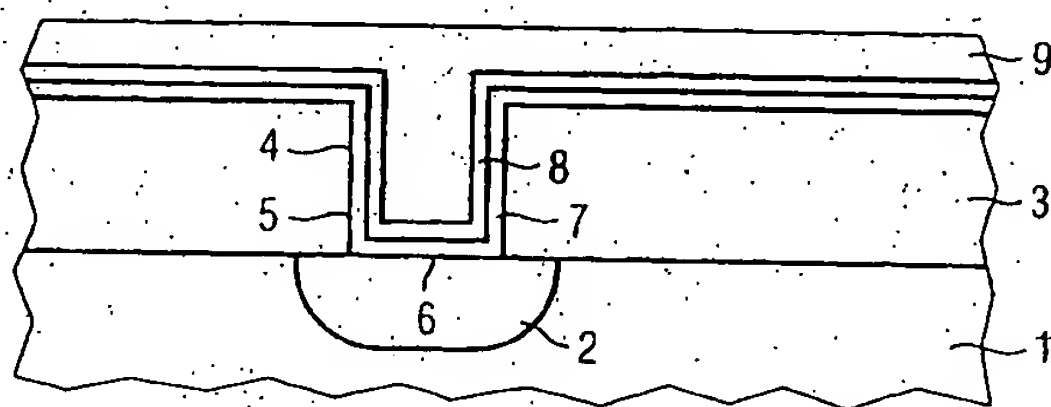
- ⑦① Anmelder:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE
- ⑦④ Vertreter:
Epping, Hermann & Fischer, 80339 München
- ⑦② Erfinder:
Schmidbauer, Sven, 01099 Dresden, DE; Urbansky,
Norbert, Dr., 01159 Dresden, DE
- ⑤⑥ Entgegenhaltungen:
- | | |
|----|---------------|
| DE | 43 36 357 C2 |
| DE | 199 13 554 A1 |
| US | 59 63 827 |
| US | 59 56 608 |
| EP | 07 17 436 A2 |
| JP | 61-58 299 AA |
- TANAKA, Y. et al.: "Properties of titanium nitride film deposited by ionized metal plasma source", In: J.Vac.Sci.Technol. B 17 (2), 416-422, 1999;

ROSSNAGEL, S.M., et al.: "Metal ion deposition from ionized magnetron sputter discharge", In: J.Vac.Sci.Technol. B 12 (1), 449-453, 1994;
ZHONG, G., et al.: "Ionized titanium deposition into high aspect ratio vias and trenches", In: J.Vac.Sci.Technol. B 17 (2), 405-409, 1999;
KUBOTA, H., et al.: "Ion-Beam-Assisted Deposition of TiN Thin Films", In: Jpn.J.Appl.Phys., Vol. 32 (1993), S. 3414-3419;
KIM, Y.W., et al.: "Development of 111 texture in Al films grown on SiO₂/Si(001) by ultrahigh-vacuum primary-ion deposition", In: J.Vac.Sci.Technol. B 14 (2), 346-351, 1999;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Verfahren zur Herstellung einer Kontaktschicht
- ⑤⑦ Die Kontaktschicht wird beispielsweise als Liner für die Herstellung von elektrischen Kontakten in Kontaktlöchern verwendet. Erfindungsgemäß wird die Kontaktschicht in zwei Schritten hergestellt, wobei in einem ersten Schritt eine erste Kontaktschicht (7) abgeschieden wird, bei der lediglich ein kleiner Anteil der aufzustäubenden Partikel (21) ionisiert wird. In einem zweiten Aufstäubschritt wird eine zweite Kontaktschicht (8) aufgestäubt, bei deren Herstellung ein größerer Anteil der aufzustäubenden Partikel (21) ionisiert wird. Durch dieses Vorgehen wird sichergestellt, dass die erste Kontaktschicht (7) durch ein schonendes Aufstäuben als Schutzschicht auf dem Substrat (1) angeordnet ist, bevor die zweite Kontaktschicht (8) aufgestäubt wird.



DE 100 14 917 A 1

- [0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Kontaktschicht auf einem Substrat.
- [0002] Integrierte Schaltkreise bestehen unter anderem aus elektrischen Bauelementen wie Dioden, Widerständen, Transistoren usw., die durch elektrische Leitungen miteinander verbunden sind.
- [0003] Die elektrischen Bauelemente werden beispielsweise in einem Halbleitersubstrat aus Silizium gebildet und weisen als elektrisch leitende Gebiete dotierte Diffusionsgebiete auf. Um die dotierten Diffusionsgebiete an elektrische Leitungen anzuschließen, die meist aus einem Metall wie Aluminium oder Kupfer bestehen, wird eine isolierende Schicht vorzugsweise aus einem Bor- und/oder Phosphordotierten Silikatglas, bzw. einem Siliziumoxid auf der Substratoberfläche angeordnet. In der isolierenden Schicht werden Kontaktlöcher gebildet, die die darunterliegenden, anzuschließenden Bereiche, wie Metallisierungsebenen oder dotierte Diffusionsgebiete freilegen.
- [0004] Üblicherweise wird eine sogenannte Liner-Schicht z. B. aus Titan, Titanitrid, Tantal oder Tantalnitrid abgeschieden, welche die Silikatglasoberfläche, die Seitenwände des Kontaktlochs und die elektrisch anzuschließenden Bereiche am Boden des Kontaktlochs, wie das Diffusionsgebiet, bedeckt. Dieses Vorgehen ist zum Beispiel in der Offenlegungsschrift EP 0 751 566 A2 beschrieben.
- [0005] Die Liner-Schicht dient dabei als Haftschicht für die nachfolgende Metallisierung aus Aluminium, Wolfram oder Kupfer.
- [0006] Zusätzlich hat die Liner-Schicht die Aufgabe, als Barrierschicht gegen die Diffusion von Aluminium, Kupfer bzw. Wolfram und dessen gasförmige Substanzen zu wirken, um die Diffusionsgebiete zu schützen.
- [0007] Darüber hinaus hat die Liner-Schicht die Aufgabe, einen niederohmigen Kontakt zwischen dem dotierten Diffusionsgebiet und dem Metall der Kontaktlochfüllung zu bilden.
- [0008] Die Abscheidung einer Liner-Schicht wird üblicherweise mit einem Aufstäubprozess (Sputterprozeß), auch PVD-Prozeß (physical vapor deposition) genannt, durchgeführt. Diese Prozesse sind zum Beispiel in der Druckschrift A. Tolia et al., "Integrated IMP Ti and MOCVD TiN for 300 mm W Barrier and Liner for Sub 0.18 µm IC Processing", SPIE Vol. 3883 (SPIE Conference on Multilevel Interconnect Technology III, Santa Clara 1999) S. 130-135, angegeben.
- [0009] Üblicherweise sind die von dem Sputter-Target abgesputterten Partikel zu ca. 95% neutral geladen, so dass sie nicht durch eine Beschleunigungsspannung zu einer Elektrode hin beschleunigt werden können. Da Kontaktlöcher oftmals ein großes Aspektverhältnis (Verhältnis der Kontaktlochtiefe zu dem Kontaktlochdurchmesser) aufweisen, werden ionisierte Verfahren der PVD-Schichtabscheidung verwendet. Ionisierte PVD-Verfahren verwenden ein Wechselmagnetfeld, in dem Elektronen beschleunigt werden und die Partikel auf ihrem Weg von dem Sputter-Target zu dem zu beschichtenden Substrat durch Stöße ionisieren. Die ionisierten Partikel können zum Substrat hin beschleunigt werden und in etwa senkrecht auf das Substrat treffen, so dass die Kontaktlöcher an ihrem Boden bedeckt werden.
- [0010] Der Nachteil der ionisierten PVD-Verfahren liegt in der starken Schädigung der dotierten Diffusionsgebiete durch die hohe Einschlagenergie der Partikel, die zu Kristallstörungen und Kristallversetzungen und starken Aufladeeffekten führen.
- [0011] Weiterhin ist es nachteilig, dass es an einer Seitenwand des Kontaktlochs zu einem Abtrag der Silikatglas-

- schicht kommen kann, wodurch Siliziumoxid von der Seitenwand, an dem Boden des Kontaktlochs, auf dem Diffusionsgebiet und damit in die Kontaktschicht eingebaut wird, was zu einer Erhöhung des Kontaktwiderstandes führt.
- [0012] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Abscheidung einer Kontaktschicht mit einem verringerten Kontaktwiderstand anzugeben.
- [0013] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Herstellung einer Kontaktschicht durch Aufstäuben von Partikeln mit den Schritten: Anordnen eines Substrats in einer Aufstäubkammer, auf dem eine dielektrische Schicht angeordnet ist, in der ein Graben gebildet ist; erzeugen eines Plasmas in der Aufstäubkammer; aufstäuben einer ersten Kontaktschicht in dem Graben in einem ersten Schritt und aufstäuben einer zweiten Kontaktschicht auf die erste Kontaktschicht in einem zweiten Schritt, wobei in der Aufstäubkammer die Anzahl der ionisierten Partikel im Verhältnis zu der Gesamtzahl der Partikel in dem ersten Schritt kleiner ist, als in dem zweiten Schritt.
- [0014] Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt in der schonenden Aufstäubung einer ersten Kontaktschicht, die als Schutz für das Aufstäuben einer zweiten Kontaktschicht dient. Dadurch kann eine Schädigung eines dotierten Diffusionsgebietes, welches am Boden eines Grabens in einem Substrat angeordnet ist, vermieden werden. Zusätzlich wird ein Abtrag von Siliziumoxid von den Grabenseitenwänden durch die Schutzschicht reduziert, so dass weniger Siliziumoxid in die Kontaktschicht am Boden des Grabens eingebaut wird. Dadurch wird der Kontaktwiderstand in vorteilhafterweise reduziert, was einen niederohmigen Kontakt zur Folge hat. Durch dieses Vorgehen ist es möglich, die Ionisationsrate der aufzustäubenden Partikel in dem ersten Schritt gering zu halten, wodurch die Schädigung der dotierten Diffusionsgebiete am Boden des Grabens und die Schädigung bzw. der Siliziumoxidabtrag an den Grabenseitenwänden reduziert werden.
- [0015] Zusätzlich wird durch die Kombination einer ersten Kontaktschicht mit einer zweiten Kontaktschicht, die mittels eines ionisierten PVD-Verfahrens aufgestäubt wird, die Bodenbedeckung des Grabens verbessert, da auch Gräben mit großem Aspektverhältnis mit einer Kontaktschicht versehen werden können.
- [0016] In einer vorteilhaften Ausprägung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in dem zweiten Schritt ein Wechselmagnetfeld in der Aufstäubkammer vorhanden. Dadurch wird in vorteilhafterweise ermöglicht, dass mit einem elektrischen Feld eine gerichtete Aufstäubung durchgeführt werden kann, bei der auch Gräben mit hohem Aspektverhältnis am Boden und an den Seitenwänden mit aufzustäubenden Partikeln bedeckt werden.
- [0017] Weiterhin ist es vorteilhaft, dass der Druck in der Aufstäubkammer in dem ersten Schritt kleiner ist, als in dem zweiten Schritt. Eine vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass der Druck in der Aufstäubkammer in dem ersten Schritt 2 bis 50 mal geringer ist, als in dem zweiten Schritt. Durch den geringeren Druck kann die Anzahl der ionisierten Partikel in dem ersten Schritt im Vergleich zu dem zweiten Schritt verringert werden, was zu einer geringeren Schädigung des Dotiergebiets in dem ersten Schritt führt. Dadurch ist es möglich, die Ionisationsrate der aufzustäubenden Partikel zu reduzieren, wodurch die Schädigung der dotierten Diffusionsgebiete am Boden des Grabens und die Schädigung bzw. der Siliziumoxidabtrag an den Grabenseitenwänden reduziert sind. Üblicherweise werden für Aufstäubprozesse Drücke von 0,1333 Pa bis 6,665 Pa (1 bis 50 mTorr) verwendet.
- [0018] Eine weitere vorteilhafte Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das Substrat auf einem

Träger angeordnet ist und auf der dem Träger zugewandten Seite des Substrats eine Elektrode angeordnet ist, die während des zweiten Schritts mit einer Wechselspannung beaufschlagt wird. Dieses Vorgehen wird als Rückaufstäubprozeß (Rückspütern) bezeichnet. Dabei wird mit einer geringen Rate das auf das Substrat aufgestäubte Material wieder von dem Substrat abgetragen. Dies führt zu einer verbesserten Bedeckung des Grabenbodens, was bei Gräben mit hohem Aspektverhältnis ein Vorteil ist, da in diesem Fall der Grabenboden schwierig zu bedecken ist.

[0019] Weiter ist es vorteilhaft, dass in der Aufstäubkammer in dem ersten Schritt die Anzahl der ionisierten Partikel im Verhältnis zu der Gesamtzahl der Partikel kleiner als 5%, insbesondere kleiner als 2% ist. Durch dieses Vorgehen wird eine Schädigung des Dotiergebiets mit ionisierten Partikeln verringert.

[0020] Darüber hinaus ist es vorteilhaft, dass in der Aufstäubkammer in dem zweiten Schritt die Anzahl der ionisierten Partikel im Verhältnis zu der Gesamtzahl der Partikel größer als 5%, insbesondere größer als 40% ist. Durch dieses Vorgehen kann in dem zweiten Schritt eine verbesserte Bedeckung des Grabenbodens erreicht werden.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Ausprägung des erfindungsgemäßen Verfahrens weisen die aufzustäubenden Partikel in dem ersten Schritt eine geringere kinetische Energie auf, als in dem zweiten Schritt. Durch dieses Vorgehen wird ebenfalls eine Schädigung des Dotiergebiets vermindert. In einer besonders vorteilhaften Ausprägung dieses Verfahrens weisen die aufzustäubenden Partikel in dem ersten Schritt eine kinetische Energie auf, die kleiner als 10 eV ist. In dem zweiten Schritt ist eine kinetische Energie der Partikel von mehr als 100 eV von Vorteil.

[0022] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0023] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels und anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0024] In den Figuren zeigen:

[0025] Fig. 1 erfindungsgemäß aufgestäubte Kontaktschicht;

[0026] Fig. 2 Aufstäubkammer.

[0027] In Fig. 1 ist ein Substrat 1 dargestellt, in dem ein Diffusionsgebiet 2 angeordnet ist. Üblicherweise ist das Substrat 1 aus Silizium und die Diffusionsgebiete sind mit Bor, Phosphor oder Arsen dotiert. Auf dem Substrat 1 ist eine dielektrische Schicht 3 angeordnet, die üblicherweise aus einem dotierten Silikatglas besteht. In der dielektrischen Schicht 3 ist ein Graben 4 gebildet, der das Diffusionsgebiet 2 zumindest teilweise freilegt. Bei dem Graben 4 handelt es sich beispielsweise um ein Kontaktloch. Auf der dielektrischen Schicht 3, den Grabenseitenwänden 5 und dem Grabenboden 6 ist eine erste Kontaktschicht 7 angeordnet. Auf der ersten Kontaktschicht 7 ist eine zweite Kontaktschicht 8 angeordnet.

[0028] Bei dem Substrat 1 handelt es sich üblicherweise um ein Trägermaterial, welches aus Silizium gebildet sein kann. Das Diffusionsgebiet 2 stellt z. B. einen Source-Drain-Kontakt eines Transistors dar. Die dielektrische Schicht 3 hat in diesem Ausführungsbeispiel die Funktion eines intermetallischen Dielektrikums. Die erste Kontaktschicht 7 und die zweite Kontaktschicht 8 haben die Funktion einer Haftschrift, die ein später in dem Graben 4 abgeschiedenes Metall 9 anbinden. Weiterhin haben die erste Kontaktschicht 7 und die zweite Kontaktschicht 8 die Funktion einer Diffusionsbarriere, welche das Diffusionsgebiet 2 vor dem Metall 9 schützt. Darüber hinaus hat die erste Kontaktschicht 7 und die zweite Kontaktschicht 8 die Funktion, einen niederohmigen Übergang zwischen dem Metall 9 und

dem Diffusionsgebiet 2 zu ermöglichen.

[0029] Die in Fig. 1 dargestellte Anordnung wird üblicherweise hergestellt, indem ein Substrat 1 mit einem darin eingebrachten Diffusionsgebiet 2 bereitgestellt wird. Auf das Substrat 1 wird anschließend eine dielektrische Schicht 3 abgeschieden, welche so strukturiert wird, dass ein Graben 4 entsteht. Der Graben 4 ist üblicherweise so angeordnet, dass das Diffusionsgebiet 2 zumindest teilweise freigelegt wird. Anschließend wird in einem Reinigungsschritt die Oberfläche des freigelegten Diffusionsgebiets 2 gereinigt. In dem anschließend nachfolgenden zweistufigen Aufstäubprozeß (Sputter-Prozeß) wird Titan aufgestäubt. Es wird zunächst die erste Kontaktschicht 7 gebildet, wobei eine Elektrode 11, die in der Nähe des Substrats 1 angeordnet ist, nicht mit einer Wechselspannung beaufschlagt wird. Dadurch kann die Ionisierung gering gehalten werden. In dem nächsten Verfahrensschritt wird die zweite Kontaktschicht 8 aufgestäubt, wobei bei diesem Aufstäubprozeß die Elektrode 11, die in der Nähe des Substrats 1 angeordnet ist, mit einer Wechselspannung beaufschlagt wird. Die Wechselspannung führt dazu, dass Ionen gerichtet in den Kontaktlochbereich beschleunigt werden, was zu einer höheren Bedeckung des Kontaktlochbodens 6 führt. In einem anschließenden Prozeß wird das Metall 9 auf die zweite Kontaktschicht 8 aufgebracht.

[0030] Ein alternatives Herstellungsverfahren der in Fig. 1 dargestellten Struktur stäubt die erste Kontaktschicht 7 auf, indem der Druck in einer Aufstäubkammer 10 um einen Faktor von 2 bis 50 geringer ist, als der Druck in der Aufstäubkammer 10 während des Aufstäubens der zweiten Kontaktschicht 8. Die Aufstäubkammer 10 ist üblicherweise mit Argon gefüllt und vorzugsweise wird der Argondruck in der Aufstäubkammer bei dem Aufstäuben der ersten Kontaktschicht 7 auf etwa 0,5332 Pa (4 mTorr) eingestellt. Bei dem Aufstäuben der zweiten Kontaktschicht 8 wird der Druck auf etwa 35 Millibar erhöht.

[0031] Alternativ kann nach beiden genannten Aufstäubprozessen eine Titannitridschicht mit einem PVD/CVD-Verfahren aufgewachsen werden.

[0032] Anschließend wird das Substrat abgekühlt und aus der Aufstäubanlage entfernt.

[0033] In einem anschließenden Temperaturschritt wird das aufgestäubte Titan in einer stickstoffhaltigen Atmosphäre mit dem Silizium des Diffusionsgebiets zumindest teilweise zu einem Titannitrid und einem Titansilizid umgewandelt.

[0034] In Fig. 2 ist eine Aufstäubanlage dargestellt, die aus einer Aufstäubkammer 10 besteht, in der eine Elektrode 11 und eine Kathode 12 angeordnet sind. An der Kathode 12 wird das Aufstäubmaterial 13 (Sputter-Target) angeordnet. Auf der Elektrode 11 ist ein Träger 14 angeordnet, auf dem das Substrat 1 angeordnet ist. In der Aufstäubkammer 10 befindet sich ein Argonplasma 15, welches aus positiv geladenen Argonionen besteht. Die Aufstäubkammer 10 wird durch einen Gaseinlaß 16 mit Argon gefüllt und durch einen Gasauslaß 17, der eine Pumpe 18 aufweist, abgepumpt. Die Stromversorgung 19 (Gleichspannung oder Hochfrequenz sind möglich) ist an die Kathode 12 angeschlossen und beschleunigt Argonionen auf das Aufstäubmaterial, so dass die aufzustäubenden Partikel 21 aus dem Aufstäubmaterial 13 herausgeschlagen werden. Mit einem zusätzlichen Wechselmagnetfeld können die herausgeschlagenen, aufzustäubenden Partikel 21 ionisiert werden. Die ionisierten, aufzustäubenden Partikel 21 werden durch ein elektrisches Feld zu dem Substrat 1 hin beschleunigt. Die Elektrode 11 kann zusätzlich mit dem Hochfrequenzgenerator 20 mit einer Wechselspannung beaufschlagt werden, so dass es zu einer Verbesserung der Bodenbedeckung im Kontaktloch sowie zu

Rückaufstäubprozessen an dem Substrat 1 kommt. Rückaufstäubprozesse sind als Rücksputterprozesse aus der Literatur bekannt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktschicht durch Aufstäuben von Partikeln (21) mit den Schritten:
 - Anordnen eines Substrats (1) in einer Aufstäubkammer (10), auf dem eine dielektrische Schicht (3) angeordnet ist, in der ein Graben (4) gebildet ist;
 - erzeugen eines Plasmas in der Aufstäubkammer (10);
 - aufstäuben einer ersten Kontaktschicht (7) in dem Graben (4) in einem ersten Schritt,
 dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Kontaktschicht (8) auf die erste Kontaktschicht (7) in einem zweiten Schritt aufgestäubt wird, wobei in der Aufstäubkammer (10) die Anzahl der ionisierten Partikel (21) im Verhältnis zu der Gesamtzahl der Partikel in dem ersten Schritt kleiner ist, als in dem zweiten Schritt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in dem zweiten Schritt ein Wechsellmagnetfeld in der Aufstäubkammer (10) vorhanden ist.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in der Aufstäubkammer (10) in dem ersten Schritt kleiner ist, als in dem zweiten Schritt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in der Aufstäubkammer (10) in dem ersten Schritt 2 bis 50 mal geringer ist, als in dem zweiten Schritt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (1) auf einem Träger (14) angeordnet ist und auf der dem Träger (14) zugewandten Seite des Substrats (1) eine Elektrode (11) angeordnet ist, die während des zweiten Schritts mit einer Wechselspannung beaufschlagt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in der Aufstäubkammer (10) in dem ersten Schritt die Anzahl der ionisierten Partikel (21) im Verhältnis zu der Gesamtzahl der Partikel (21) kleiner als 5%, insbesondere kleiner als 2% ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass in der Aufstäubkammer (10) in dem zweiten Schritt die Anzahl der ionisierten Partikel (21) im Verhältnis zu der Gesamtzahl der Partikel (21) größer als 5%, insbesondere größer als 40% ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Kontaktschicht (7) und die zweite Kontaktschicht (8) mit einer im wesentlichen konformen Schichtdicke gebildet werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Kontaktschicht (7) und die zweite Kontaktschicht (8) das gleiche chemische Element umfassen.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die aufzustäubenden Partikel (21) in dem ersten Schritt eine geringere kinetische Energie aufweisen, als in dem zweiten Schritt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die aufzustäubenden Partikel (21) in dem ersten Schritt eine kinetische Energie aufweisen, die kleiner als 10 eV ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die aufzustäubenden Partikel (21) in dem zweiten Schritt eine kinetische Energie aufweisen, die größer als 100 ev ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG 1

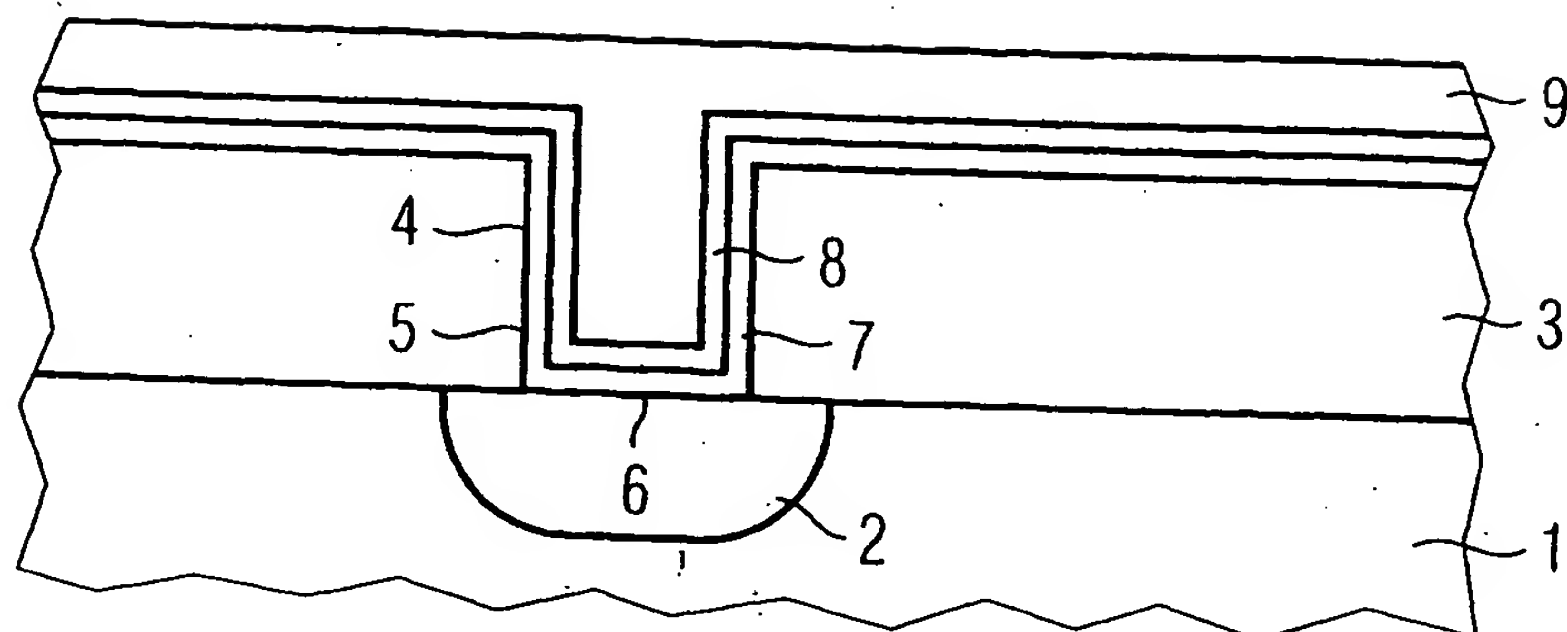


FIG 2

